

МЕТАЛОТЪРСАЧ

инж. Михаил Калбанов, Георги Чакъров

УДК 621.842:543.5

Предлаганият уред е предназначен за откриване на метални предмети — монети, подземни тръби, кабели, тръбопроводи, независимо от характера и състава на почвения слой върху тях. Той намира приложение в археологията, строително-монтажните дейности, за трасиране на кабелни линии и в други области.

Блоквата схема на металотърсача е дадена на фиг. 1.

Синусоидалният изходен сигнал на генератора на сигнали с честота 100 kHz се модулира амплитудно. Изходът на генератора е свързан към предавателната намотка А, която е в съседство с приемната намотка Б. И двете намотки са разположени в детекторната търсеща глава 1. Предавателната намотка е обхваната от отрицателна обратна връзка (вж. фиг. 2). Токовете I_1 и I_2 текат в противоположни посоки, поради което генерираните от тях електромагнитни полета взаимно се уравнивяват и при липса на метален обект или железни примеси в почвата не се излъчва никакъв сигнал (т. нар. индукционен баланс).

Индуктивността на антените се пресмята по следния начин:

$$L = \frac{(R \cdot N)^2}{4R + 245l} \mu\text{H},$$

където N е броят на навивките, R — радиусът на навивките в mm; l — дължината на намотките в mm.

Индуктивността при резонанс може да се изчисли от формулата:

$$L = \frac{2,54 \cdot 10^4}{f_{\text{рез}}^2 + C_4} \mu\text{H},$$

където C_4 е капацитетът на съответния тример-кондензатор от фиг. 5 в μF ; $f_{\text{рез}}$ — резонансната честота в kHz.

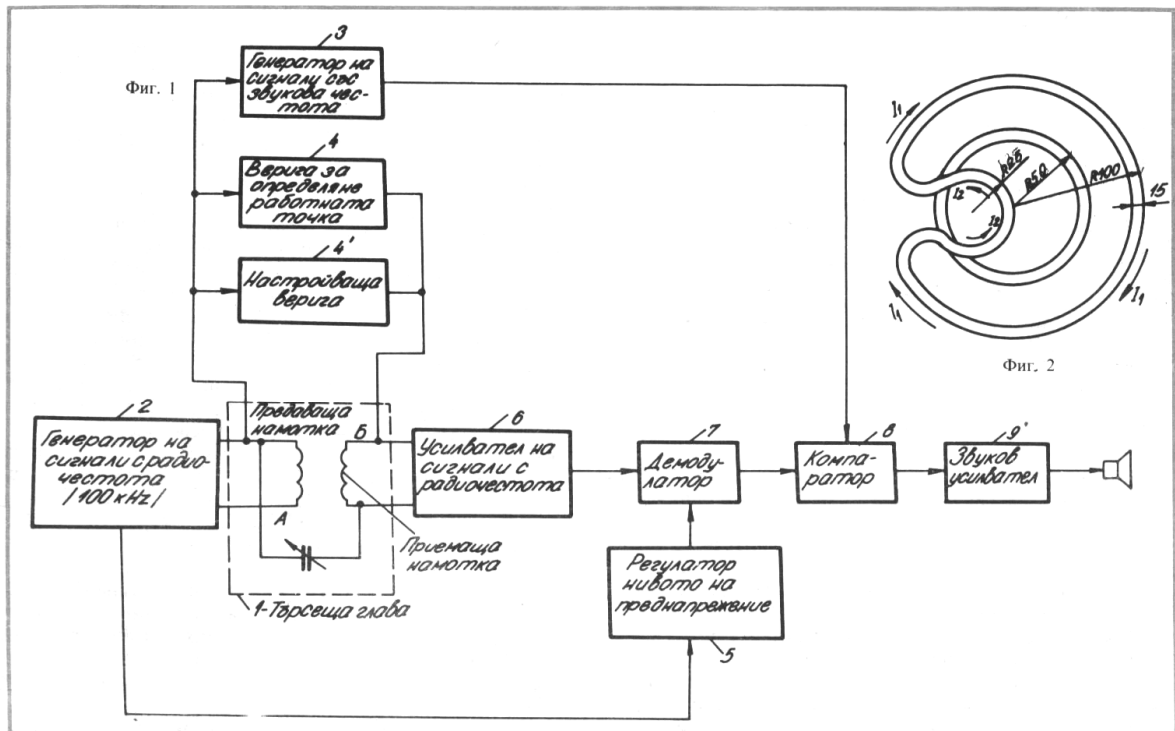
При получаването на модулирания радиосигнал предавателната намотка А действа като антена, генерираща електромагнитно поле. Дълбочината на проникване h на това поле в земята зависи от честотата на сигнала и от геометричните характеристики на намотките в главата 1 и се определя от формулата:

$$h \approx 4\sqrt{S}/1,41,$$

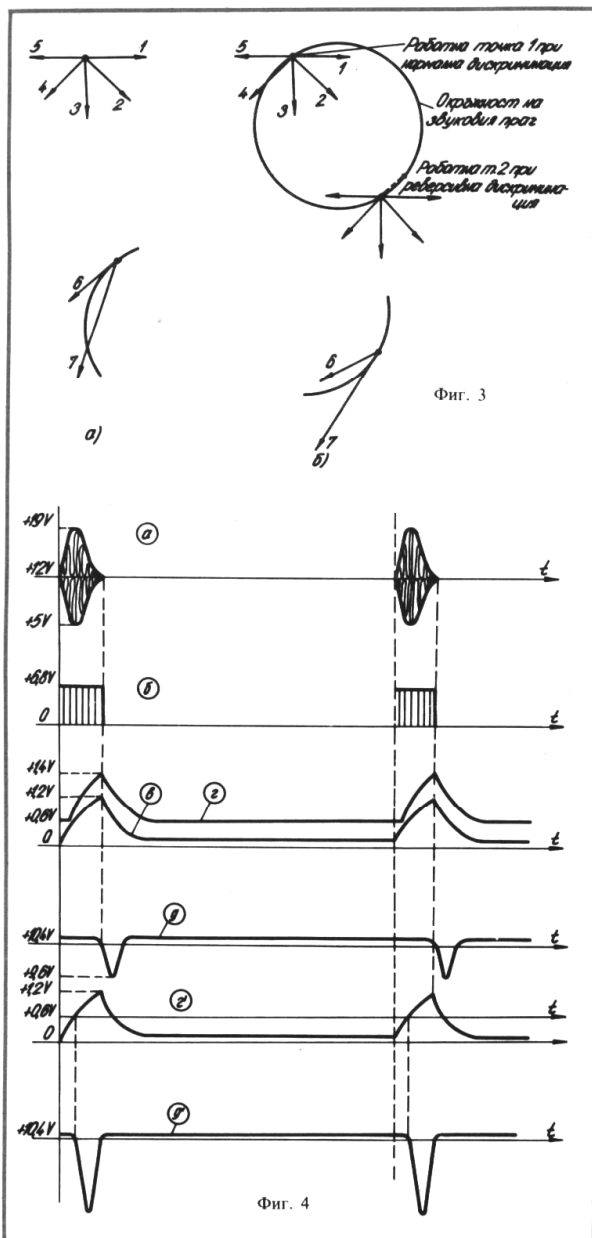
където S е площта на антената в mm^2 .

Честотата на излъчване се определя от приложената таблица.

Честота на излъчване f , kHz	Затихване V_0 , dB/m
50 ÷ 200	1
200 ÷ 1000	3
до 20 000	до 20



Радцо, телевизия, електроника, 6|1984 г.



Фиг. 3

Фиг. 4

Ако в полето на антената се появи метален обект, той преизлъчва сигнала, като създава второ поле от вихровите токове, индуцирани в обекта от първото поле. Приемателната намотка *Б* реагира на тези промени в електромагнитното поле и генерира сигнал, чиято фаза и амплитуда зависят от типа на металния обект и разстоянието до търсещата глава.

Както е показано на фиг. 3, железните примеси в почвата създават сигнал с фазов лъч *1* и съответен фазов ъгъл 0° . Металните обекти с висока електропроводимост, които съдържат немагнитни метали (например монети или предмети от благородни метали), съз-

дават отведен сигнал с фазов лъч *5*, който е изместен на 180° спрямо фазовия лъч *1*. Много железни обекти с магнитни свойства създават сигнал с фазов лъч *3*, който е изместен на 90° от фазовия лъч *1*. Други железни предмети (напр. гвоздеи) могат да създадат сигнал с фазов лъч *2*, изместен на 45° спрямо *1*. Металните обекти с ниска електропроводимост (напр. фолио от консервни кутии, капачки от бутилки и др.) създават сигнал с фазов лъч *4*. Трябва да се има предвид, че размерите и формата на металния обект, както и видът на метала влияят върху величината на фазовия ъгъл.

На фиг. 3 са представени окръжността на звуковия праг и разположението на работните точки и съответните фазори.

При обикновена дискриминация уредът работи в работна точка *1*. В работна точка *1* всеки сигнал, приет по протежение на фазовия лъч *5*, надвишава звуковото ниво и произвежда звукова индикация. При използване на нормална дискриминация в работна точка *1* могат да се получат неверни отчитания (напр. трудно се различават никелова монета с фазор *6* и фазов ъгъл 161° и капачка от бутилка с фазор *7* и фазов ъгъл около 152° , вж. фиг. 3а).

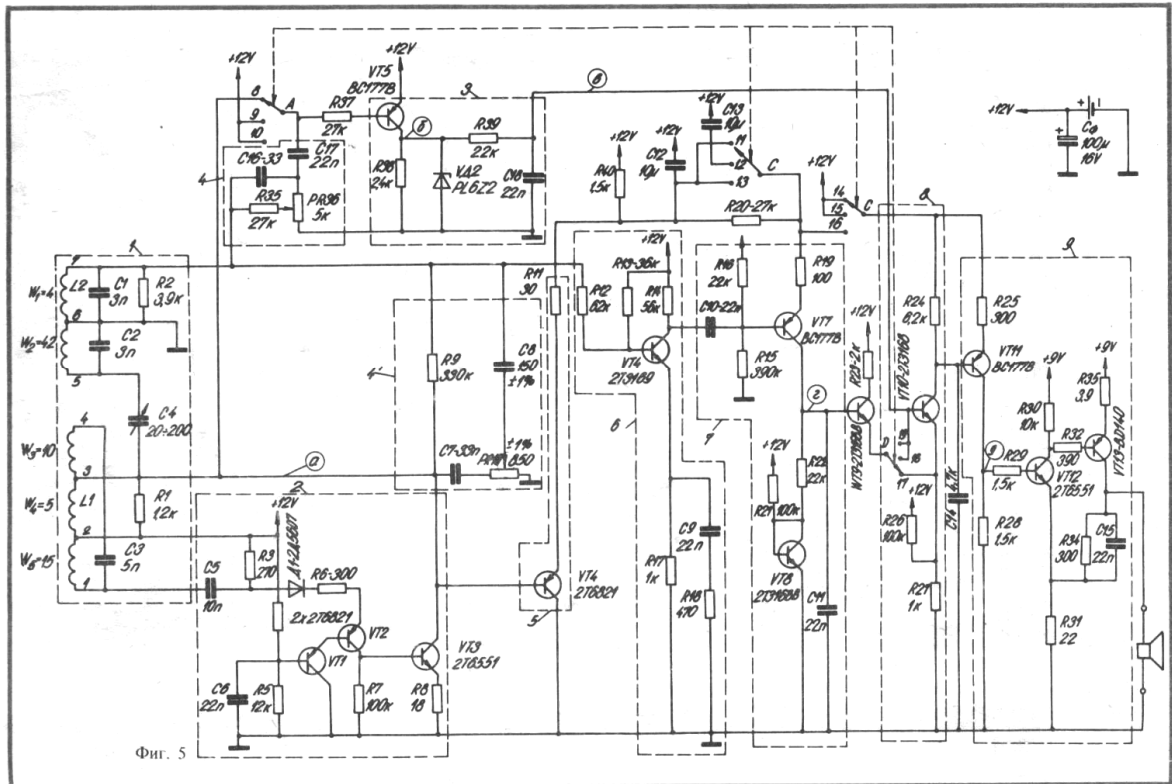
Фалшивите показания могат да се елиминират в значителна степен, ако работната точка се премести в положение *2*. Тогава споменатото неудобство се преодолява (вж. фиг. 3б).

Липсата на звуков сигнал или на някаква друга положителна индикация за наличието на метален обект в работна точка *2* е нежелателна. В устройството това е преодоляно чрез прибавяне на компаратора *8*, който е свързан към изхода на демодулатора *7*. Другият вход на компаратора е свързан към изхода на звуковия генератор *3*. Импулсите, генерирани от звуковия генератор, се сравняват по амплитудата с демодулираните сигнали *2* (фиг. 4). Компараторът *8* генерира звуков импулс (*д*) само ако амплитудата на демодулирания сигнал (*з*) е по-малка от амплитудата на стандартния звук импулс (*е*). По този начин стандартният звук импулс всъщност създава звуковия праг и когато полученият сигнал (*з*), съответстващ на фазора *5* на търсените метални обекти, се понижи под нивото на амплитудата на стандартния звуков импулс, на изхода на компаратора се получава сигнал (*д*) с много голяма амплитуда.

Устройството включва и тример-кондензатора *С4*, свързан между разноименните полюси на намотките *10* и *42*, както и настройващата верига *4* (фиг. 1 и 5). Триммер-кондензаторът и настройващата верига се нагласяват така, че да създадат сигнал с фазов ъгъл, еднакъв с този на остатъчния сигнал, създаден от почвени примеси с магнитни свойства. Този сигнал отрязва част от паразитния сигнал, като променя амплитудата на последния по протежение на ос, успоредна на фазовия му лъч *1*. По този начин комбинираното действие на настройващата верига *4* и тример-кондензатора елиминира влиянието на железните почвени примеси върху получения сигнал, като остатъчният сигнал е с амплитуда, равна на амплитудата на звуковия праг (вж. фиг. 3).

Част от устройството е веригата за регулировка *5* на нивото на преднапрежението за демодулатора *7*. При промени на амплитудата на изхода на генератора *2*, които могат да се дължат на различни причини (напр. изтощаване на захранващата батерия или температурни колебания), веригата за регулировка *5* автоматично създава съответната промяна в постоянната съставка на изходния сигнал на демодулатора.

Дискриминаторната верига *4* (верига за определяне



Фиг. 5

на работната точка) (вж. фиг. 1 и 5) е свързана между предавателната намотка 12 и приемната 14. Тя служи за нагласяне на работната точка в положение 2 (вж. фиг. 3).

Амплитудната модулация със звукова честота на радиосигнала се извършва от кондензатора $C5$ (10 F), който се зарежда бързо през зарядната верига, образувана от самия кондензатор $C5$, диода $VD1$ с минимално съпротивление в права посока и резистора $R6$ (300 Ω). Зареждането на кондензатора $C5$ води до запушване на диода $VD1$, след което кондензаторът започва да се разрежда през резистора $R3$ (270 k Ω). По този начин се получават импулси (а) от фиг. 4. Времето на разреждане, определена от кондензатора $C5$ и резистора $R3$, е около 0,0027 s, което съответства на честота на модулация около 370 Hz.

Основният усилвателен елемент на генератора е NPN-транзисторът $VT3$ (2T6551 с виолетова точка). Чрез транзистора $VT2$ се осъществява положителна обратна връзка.

Транзисторът $VT1$ осъществява температурна компенсация.

Усилвателят на радиосигнала $VT2$ е свързан към изхода на приемателната намотка. Свързващият кондензатор $C10$ трябва да бъде високофреkwентен.

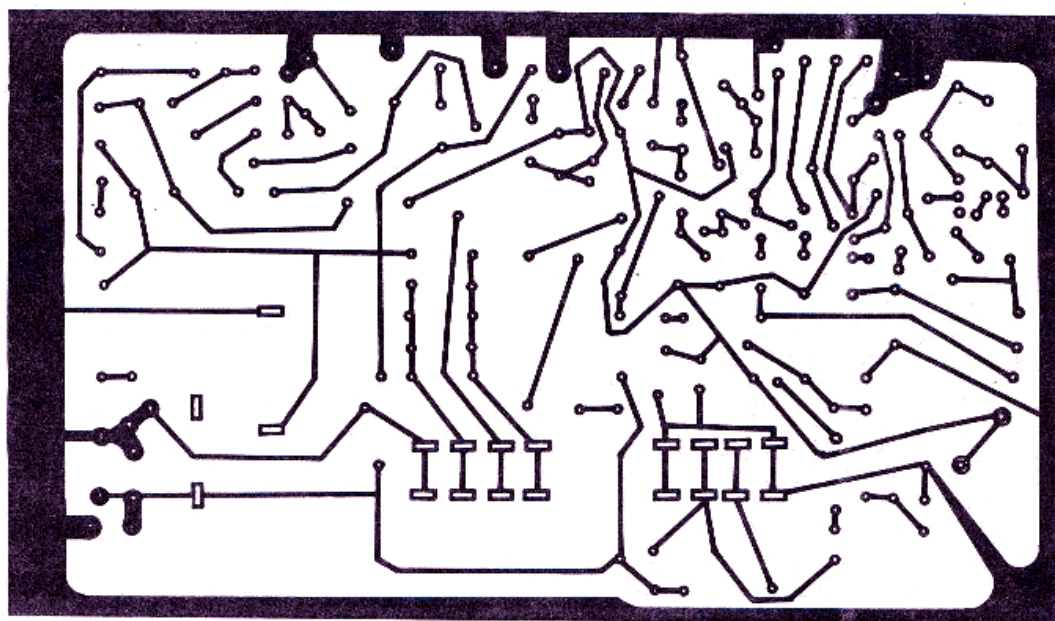
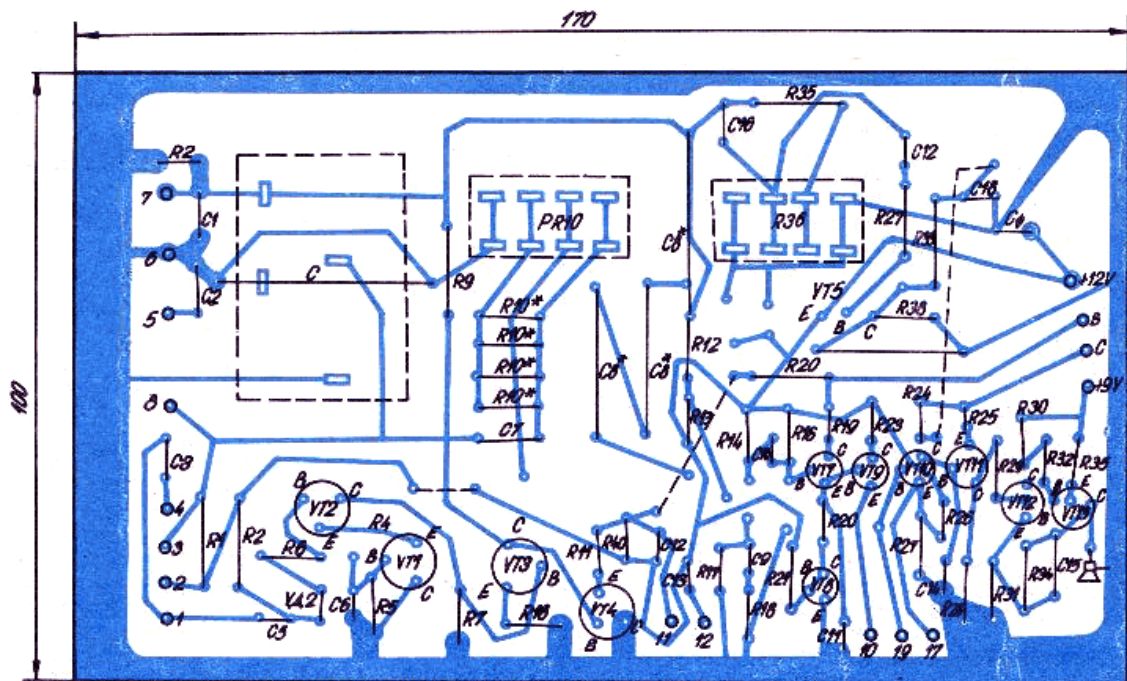
Демодулаторът 7 включва транзистора $VT7$, чиято база е свързана като вход на демодулатора. Транзисторът $VT7$ в нормално състояние е запушен. Отпушва се само от отрицателни импулси на базата (респективно от положителни импулси на входа на усилвателя на

радиосигнали). Кондензаторът $C11$ шунтира сигнала с радиочестотата на получения сигнал към земя, при което на изхода на демодулатора остава демодулиран сигнал със звукова честота.

Сигналят от изхода на демодулатора се подава на NPN-транзистора $VT9$, свързан като емитерен повторител. На базата на емитерния повторител се подава постоянно преднапрежение 0,6 V, осигурявано от транзистора $VT8$, свързан като диод. Изходът на емитерния повторител е свързан чрез ключ към базата или емитера на компараторния транзистор $VT10$ на компаратора, реализиран с транзисторите $VT10$ и $VT11$. В режим на реверсивна дискриминация ключът трябва да бъде в такова положение, че да се осигурява връзка на изхода на транзистора $VT9$ с базата на транзистора $VT10$.

Генераторът на звукови импулси включва PNP-транзистора $VT5$, работещ в ключов режим. Базата на транзистора $VT5$ е свързана към изхода на предавателната намотка през резистора $R35$ и ключа A (8, 9, 10). Ценеровият диод $VD2$ за 6,2 V шунтира товарното съпротивление в колекторната верига на транзистора $VT5$ и пропуска само положителните импулси на изхода на транзисторния ключ $VT5$. Ценеровият диод осигурява и ограничаването на амплитудата на изходния сигнал. След това сигналят преминава през нискочестотния филтър, състоящ се от резистора $R39$ и кондензатора $C18$. В резултат се получава формата на изходния сигнал (б) (вж. фиг. 4).

Показаните на схемата положения на ключа съответствуват на режим на реверсивна дискриминация.



Фиг. 6

На фиг. 5 са дадени съответните броеве навивки на гърсещата глава — 1, 15, 5, 10 и 42 за отделните поднамотки на предавателната и приемната антена.

Видът и размерите на антените са показани на фиг. 2. Намотките са екранирани в посочения жлеб и са навити с проводник ПЕТ 2F — 0,42, след което жлебът се запълва с епоксидна смола.

На фиг. 6 е дадена разработена платка на металотърсача. Връзката между антената и платката се осъществява с розетка със седем пера, свързана с платката в точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, и съответната вилка, свързана с антената с тридвужилен екраниран кабел в точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (фиг. 5).

При правилен монтаж и спазване на изложената последователност не е необходима настройка на уреда

Радио, телевизия, електроника, 6/1984 г.

освен в случаите на промяна на работната честота и на размера на търсената глава. Тогава настройката се извършва с посочените настроенни елементи от фиг. 5. Желателно е преди фиксиране на предавателната и приемната антена една върху друга да се намери това взаимно разположение на антените, при което има минимален проникващ сигнал, измерен в 1:7 от фиг. 5 на

приемната антена.

Металотърсачът се захранва с акумулатор 12 V, 1 A/h, производство на завод „Мусала“ — Самоков. Консумацията без звукова индикация е 6 mA, а със звукова индикация — 10 mA. Използване на посочения акумулатор осигурява 100 h непрекъсната работа на металотърсача.